



- Le volume des œufs en fonction de la taille de ponte (l'investissement des reproducteurs porte-t-il essentiellement sur la taille de la ponte, et donc de la nichée, ou plutôt sur la taille des œufs ou bien n'y a-t-il pas de compromis entre la taille de ponte et la taille des œufs ?).
- Le volume des œufs en fonction de la date de ponte, (y'a-t-il une régression saisonnière de la taille des œufs de guifette comme chez la plupart des espèces aviaires ?
 - Le volume des œufs en fonction de l'année (la stratégie de reproduction varie-t-elle selon les conditions environnementales propres à chaque année ? les reproducteurs optent-ils certaines années pour une taille de ponte réduite, avec de gros œufs, ou bien la taille de ponte est-elle plus grande avec ou non une incidence sur la taille des œufs ?
 - Le volume des œufs en fonction de l'emplacement des nids par rapport à la berge du lac ? (les nids occupant le centre de la colonie contiennent-ils les plus gros œufs par rapport à ceux situés en périphérie ?).

III.2.2 Méthode

En 2005, nous avons réalisé une série de mesures (longueur, largeur et poids) portant sur 238 œufs appartenant à 89 nids, dans différents patchs de la colonie et à de différentes périodes en relevant la date de ponte et la grandeur de ponte de chaque nid. Nous avons tenu compte de la position du nid au niveau des patchs ainsi que la distance qui le sépare de la rive du lac.

Pour les mensurations des œufs, nous avons utilisé, un pied à coulisse et un peson de 30g. Les mesures ont été prises entre le premier et le cinquième jour de la ponte et nous avons disposé des données des mesures de 70 œufs réalisées en 1996, pour avoir les différences inter-annuelles.

Le volume est calculé à partir des volumes moyens, pour chacune des pontes en utilisant l'équation développée par (Coulson 1963), $EV(\text{cm}^3) = k * L * B^2$ où EV est le volume, L est la



longueur et B représente la largeur de l'œuf et la constante K (**Hoyt 1979**). Cette dernière a été estimée pour la guifette à 0,0004866.

Les données ont été analysées à l'aide de différents modèles de l'analyse de variance (ANOVA) et de corrélations, effectuées avec l'application des logiciels : **R 2.6.0** et **Minitab** et pour certains graphes nous avons utilisé **Excel**.

Paramètres de la reproduction

Les regroupements sociaux des animaux peuvent se concevoir comme des stratégies, adoptées par les individus afin de remplir au mieux "l'objectif" biologique de la reproduction et dont les avantages sont multiples, la stimulation sociale, la vigilance collective, la détection précoce et la défense collective contre les prédateurs.

Les meilleurs producteurs occupent en général, les meilleurs emplacements pour leurs nids et pondent les premiers, et ont un succès de la reproduction plus élevés que chez les retardataires. La régression saisonnière, semble être universelle chez les oiseaux des régions tempérées, arctiques et antarctiques (**Steeger 1989**).

La guifette moustac, fait partie des espèces coloniales, sa philopatrie est confirmée au niveau du lac Tonga, par son occupation du site, connue de mémoire d'homme et ce malgré son erratisme et son instabilité en Europe (**Trotignon et al. 1994 ; Cézilly et Hafner 1995**).

Hormis les avantages sus-cités de la colonialité pour les populations aviaires, la fidélité au site, permet aux oiseaux de démarrer rapidement leur reproduction en évitant la perte de temps liée à la sélection du site de reproduction et donc maximiser le rendement de reproduction. **Balkiz (2006)** évoque l'effet 'mémoire' chez les oiseaux.

- Il est connu que la colonialité induit un processus conduisant à concentrer les individus expérimentés sur les bons sites et de ce fait, le choix du support des nids, leur emplacement au sein de la colonie de guifettes et leur éloignement de la berge ont-ils un effet sur les performances reproductrices de l'espèce ?



- La colonialité permet la sélection des individus qui pondent tôt dans la saison et contre-sélectionne les retardataires. Est ce que la population algérienne affiche une réduction saisonnière de la nichée ? et à travers la réduction de la taille de ponte y'a t-il une baisse du succès reproducteur au cours de la saison ?
- L'espèce niche régulièrement au niveau du lac Tonga et les sites réputés stables pour une espèce sont considérés comme étant des sites de bonne qualité et où le succès reproducteur constitue un bon indice. qu'en est-il du succès reproducteur de la population du lac Tonga ? ce paramètre a t'il varié depuis 1996 ? et quelle en est la tendance ?
- Le lac Tonga est situé à la limite sud de l'aire de reproduction de l'espèce et de ce fait les conditions environnementales sont supposées moins favorables par rapport à celles rencontrées au centre de l'aire auxquelles l'espèce est fondamentalement adaptée. Cette marginalité a t-elle un effet négatif sur les performantes reproductrices de l'espèce ?

III.3.2 Méthode

Le suivi de cette espèce a été entrepris en 2005 où nous avons réalisé le suivi de **302** nids et nous avons disposé des données de 1996 et 1997.

L'analyse a été réalisée, sur 686 nids contenant 1770 œufs (**Tab.2**) et le suivi a nécessité des incursions dans le lac moyennant une barque à fond plat actionnée par des perches. Ces incursions sont effectuées toutes les 48 heures et durent en moyenne, cinq heures, ce qui nous a permis de suivre les unités de reproduction, durant toutes les phases de la saison.

En effet, l'observation à partir des berges à l'aide d'un télescope, nous a permis de déceler le début de la nidification, indiquée par le transport des matériaux de construction.

Le suivi de la colonie pendant la reproduction n'est pas une affaire aisée vu, la difficulté d'accès à la zone de reproduction, résultant d'une part, de la densité de la végétation, notamment les grandes plages de nénuphar et d'autre part, de la proximité des nids les uns des autres et donc le risque de destruction des nids par la barque.



Pour être efficace sans pour autant causer des dommages aux nids, nous avons pris des précautions nécessaires, en accédant aux différents patchs de nids, avec l'aide d'un percheur expérimenté.

Tableau 2 : Nombre de nids étudiés par saison

Année	Îlots occupés	Nombre total de nids	Îlots suivis	Nids suivis
1996	17	402	5	169
1997	18	445	5	215
2005	27	407	24	302

Nous avons noté pour chaque nid, la date de ponte, la taille de ponte, la durée d'incubation qui commence chez cette espèce à partir de la ponte du premier œuf (**obs. pers.**), jusqu'à l'éclosion. Nous avons calculé le succès moyen à l'éclosion qui représente le nombre d'œufs éclos sur le nombre d'œufs pondus, les nids contenant 1 œuf, ont été pris en compte, puisque certains ont éclos.

Les analyses statistiques nous permettront de mettre en évidence, l'existence de relations entre : les paramètres sus-cités et l'emplacement des nids dans la colonie, la distance par rapport à la berge et les différences inter-annuelles pour chacun des paramètres.

Pour toutes les analyses, nous avons utilisé le logiciel **R .2.6.0** et **Excel** pour réaliser certains graphes.

I Présentation de l'espèce

I.1 Description de l'espèce

La Guifette moustac est plus grande que les autres guifettes. Elle mesure 23 à 25 cm de la tête à la queue avec une envergure de 70 à 75 cm et un poids de 80 à 85 g (**Cramp et al. 1985 ; Heinzl et al. 1972**). Le bec est aussi long que la tête, les ailes sont larges et la queue est fourchue (**Photo 1**).



*Photo 1 : Aquarelle de Guifette moustac adulte en plumage nuptiale
(S. Nicolle : Natura 2000, Commission Européenne)*

Elle ne présente pas de dimorphisme sexuel détectable, cependant, **Latraube (2005)**, décrit des caractéristiques différenciant les mâles des femelles. Les mâles ont un bec plus fort et plus court que celui de leur partenaires, quant à la tête, celle du mâle est plus carrée que celle de la femelle. Un autre détail c'est l'attitude de soumission des femelles pendant la parade.

Selon **Dostine et Morton (1989)**, les mâles sont significativement plus grands que les femelles. Par contre, il n'existe aucun critère d'identification du sexe des oiseaux en vol. En hiver, le plumage des adultes est gris avec un front blanc, une calotte tachetée de noir, une petite tâche à côté du cou, un bec noir et des pattes rouges (**Alström 1989**).



En période nuptiale le plumage est très clair, le dessus du corps devient gris bleuâtre alors que le dessous est gris sombre contrastant avec le blanc des joues. Le dessous des ailes et les sous caudales sont blancs. Le bec et les pattes deviennent rouges vifs alors que la calotte est noire (**Photo 1**).

Chez les jeunes, le dos est brun moucheté, contrastant avec des ailes pâles. Le front est blanchâtre avec un petit sourcil pâle sous la calotte rayée, qui devient noire à l'arrière de la tête. Les joues sont noires, la nuque et le croupion sont gris, le dessous est blanc et le bec est noir (**Photo 2**).



Photo 2 : Poussins de guifette (Cliché : Bakaria 2006)

La longévité chez cette espèce est de 10 ans (www.oiseau.net 2005), cependant, les résultats du baguage réalisé en France, donnent une longévité excédant les dix ans (**Latraube 2006**).

I.2 Systématique et distribution

I.2.1 Systématique et distribution mondiale de l'espèce

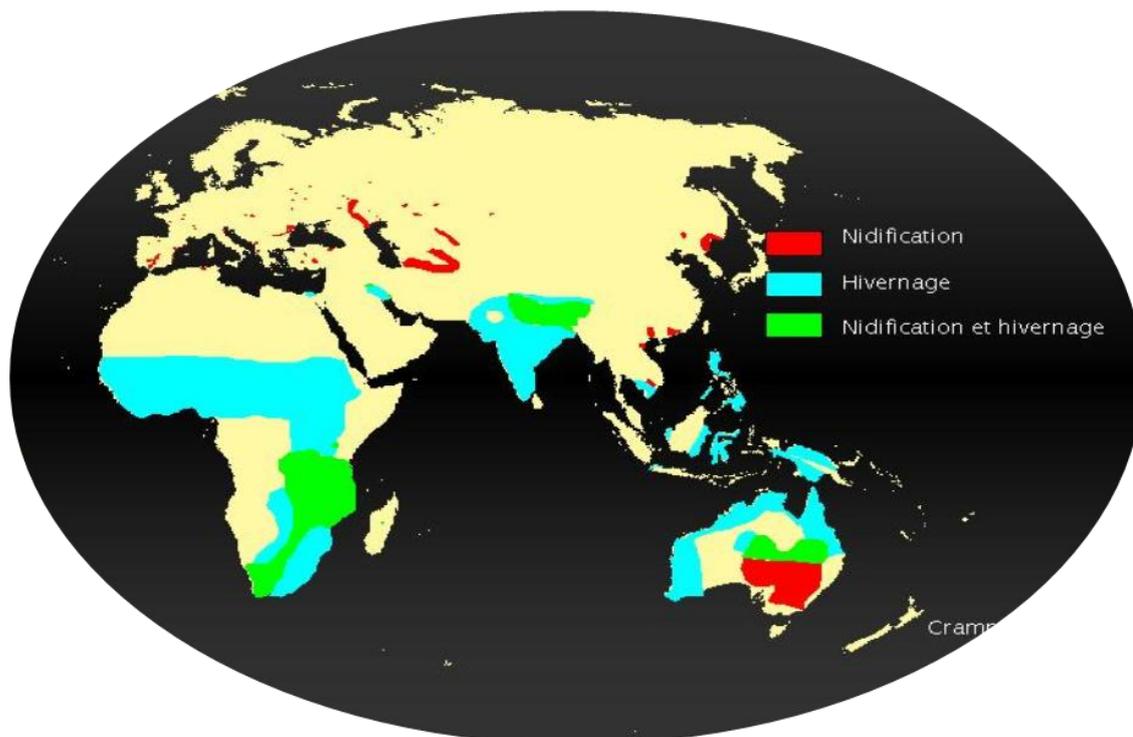
Le nom de la Guifette moustac, est officiellement devenu *Chlidonias hybrida* (Pallas, 1811) (**David et Gosselin 2002 ; Sangster et al. 2005**), il a remplacé *Chlidonias hybridus* (**Mees 1977 ; Sibley et Monroe 1990 ; Knox et al. 2002**).



L'espèce appartient à l'ordre des Lariformes Charadriiformes, la famille des Sternidae et au genre *Chlidonias* avec deux autres espèces, la Guifette noire *Chlidonias niger* et la Guifette leucoptère *Chlidonias leucopterus*.

La Guifette moustac est représentée par plusieurs sous espèces (**Del Hoyo et al. 1996**), ces sous-espèces sont distribuées comme suit :

- La sous-espèce *Chlidonias hybrida hybrida* est cantonnée en Afrique du Nord, en Europe de l'ouest, en Russie occidentale et centrale, jusqu'au Kazakhstan, les quartiers d'hivernage sont situés en Afrique et au sud-ouest de l'Asie.
- **La sous-espèce *C. h. swinhoei*** est localisée au nord de la Mongolie, Chine de l'est et au sud-ouest de l'Asie.
- **La sous-espèce *C. h. indicus*** se répartie de l'est de l'Iran au Pakistan jusqu'au nord de l'Inde.
- **La sous-espèce *C. h. javanicus*** se trouve au nord de l'Inde et probablement au Sri Lanka et hiverne en Malaisie et en Indonésie.
- **La sous-espèce *C. h. sclateri* ou *delalandii***, se trouve en Afrique australe (Afrique du Sud, Kenya et Madagascar).
- **La sous espèce *C.h. fluviatilis***, se reproduit en Australie et hiverne au nord de la Guinée et à l'est de l'Indonésie.



*Figure 1 : Distribution mondiale de l'espèce Chlidonias hybrida
(Cramp, 1985)*

I.2.2 Reproduction, hivernage et mouvements migratoires de la sous-espèce *Chlidonias hybrida hybrida*

I.2.2.1 Aire de reproduction

La guifette moustac *Chlidonias h. hybrida* se reproduit sous les latitudes moyennes et tempérées du Paléarctique Occidental : Europe de l'Ouest et Centrale, Proche et Moyen-Orient, marginalement en Afrique du Nord, à l'est jusqu'à la Russie Occidentale et le Kazakhstan (<http://www.migration.net>).

En Europe, le quart des sites de nidification de la Guifette en Europe, sont principalement en Roumanie, dans les steppes de l'Ukraine et de la Russie (Mees 1979 ; Von Blottzheim et Bauer ; Ilyichev et Zubakin, in Tomialojc 1994 ; Cramp et al. 1985) (Fig.2).

Elle niche dans l'ouest de la France, en Espagne, au Portugal et en Italie. Ses limites d'aire s'avèrent assez instables et des cas de nidification, ou des tentatives, ont déjà été signalés en Autriche, ex Tchécoslovaquie, ex Allemagne de l'ouest, en Pologne, en Belgique et aux Pays bas.

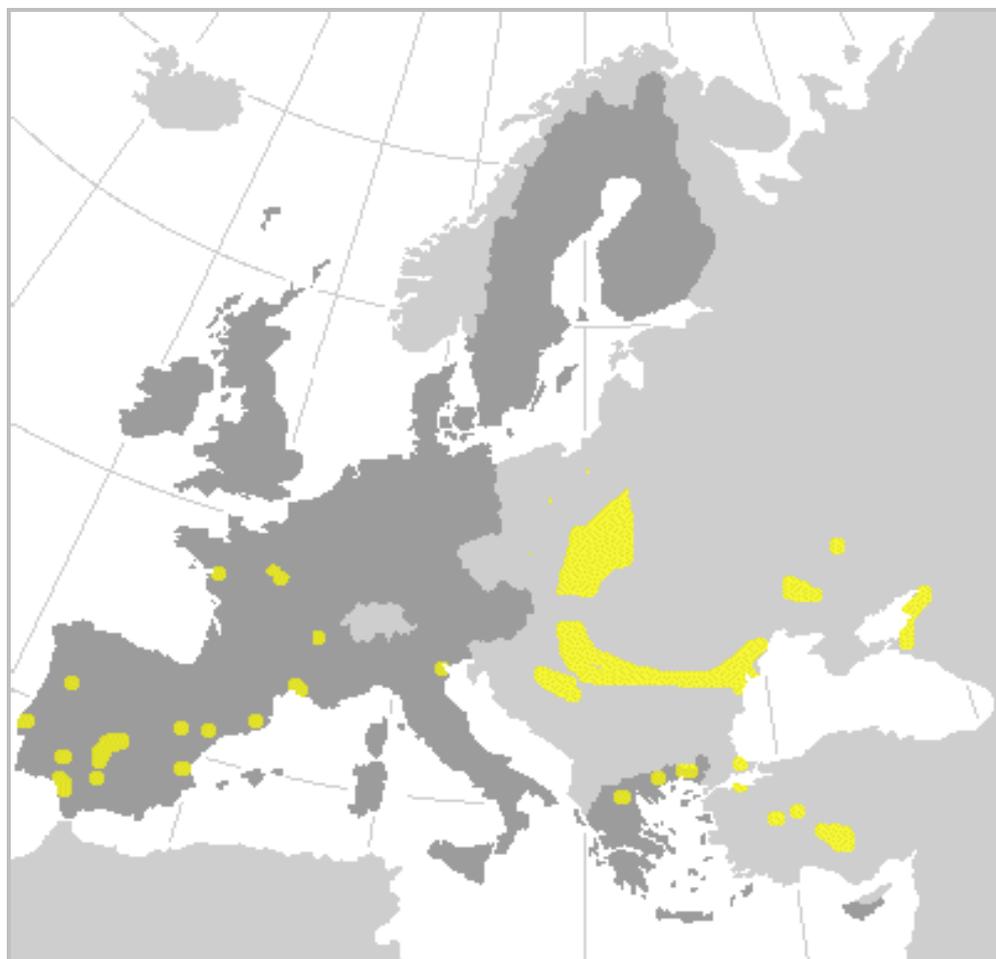


Figure 2 : Aire de reproduction de la sous-espèce *C. h. h.* en Europe
(Site Natura 2000 de la Commission Européenne 2007)

En Afrique du Nord, la guifette moustac a niché de façon certaine au Maroc, à Ras El Douara et Sidi Ben Mansour, maintenant drainés (**de Balzac et Mayaud 1962 ; Mees 1977**). Elle a aussi niché plus au sud à Iriki, Robin 1965, *in Mees (1979)*.

En Tunisie, l'espèce aurait niché en petites colonies au Nord et au centre (**De Balzac et Mayaud 1962**) mais selon **Mees (1977)**, ces données restent peu certaines.



En Algérie, **de Balzac et Mayaud (1962)** supposent qu'il pouvait y avoir deux colonies qui subsistent probablement près d'El Kala. 11 individus puis 25 ont été observés en mai au lac Oubeira (**Van Dijk et Ledant 1983**). Elle est confirmée nicheuse régulière dans le Parc National d'El Kala au niveau du lac Tonga (**Rizi 1994 ; Bakaria 2002 ; Bakaria et al. 2002 ; 2009**) alors que jusqu'en 1998, l'espèce n'était pas mentionnée pour l'Afrique du Nord, dans la synthèse de **Snow et Perrins (1998)**.

I.2.2.2 Hivernage et mouvements migratoires

Les régions d'hivernage de la population européenne du sud-ouest se situent en Afrique tropicale de l'Ouest jusqu'au Nord du Zaïre tandis que la population de l'Europe orientale hiverne probablement au Soudan, Ethiopie et au Sud jusqu'au Kenya.

Un petit nombre hiverne déjà en Méditerranée (**Mees 1979**), particulièrement en Espagne (Erard et Vielliard, *in* **Cramp et Simmons 1985**), en Algérie (**Cramp et al. 1985**), en Tunisie (Isenmann 1972d *in* **Cramp et Simmons 1985**) et également en Camargue (France).

Cependant, Morel et Roux *in* **Cramp et al. (1985)**, rapportent que la plupart des oiseaux de l'Europe de l'Ouest hivernent au Ghana, leur voie de migration n'est pas bien connue. Selon les reprises faites par la CRBPO (Centre de Recherches sur la Biologie des Populations d'Oiseaux), les guifettes d'Europe de l'Ouest hivernent au Ghana et au Sénégal (**Latraube 2006**) (**Fig.3**).

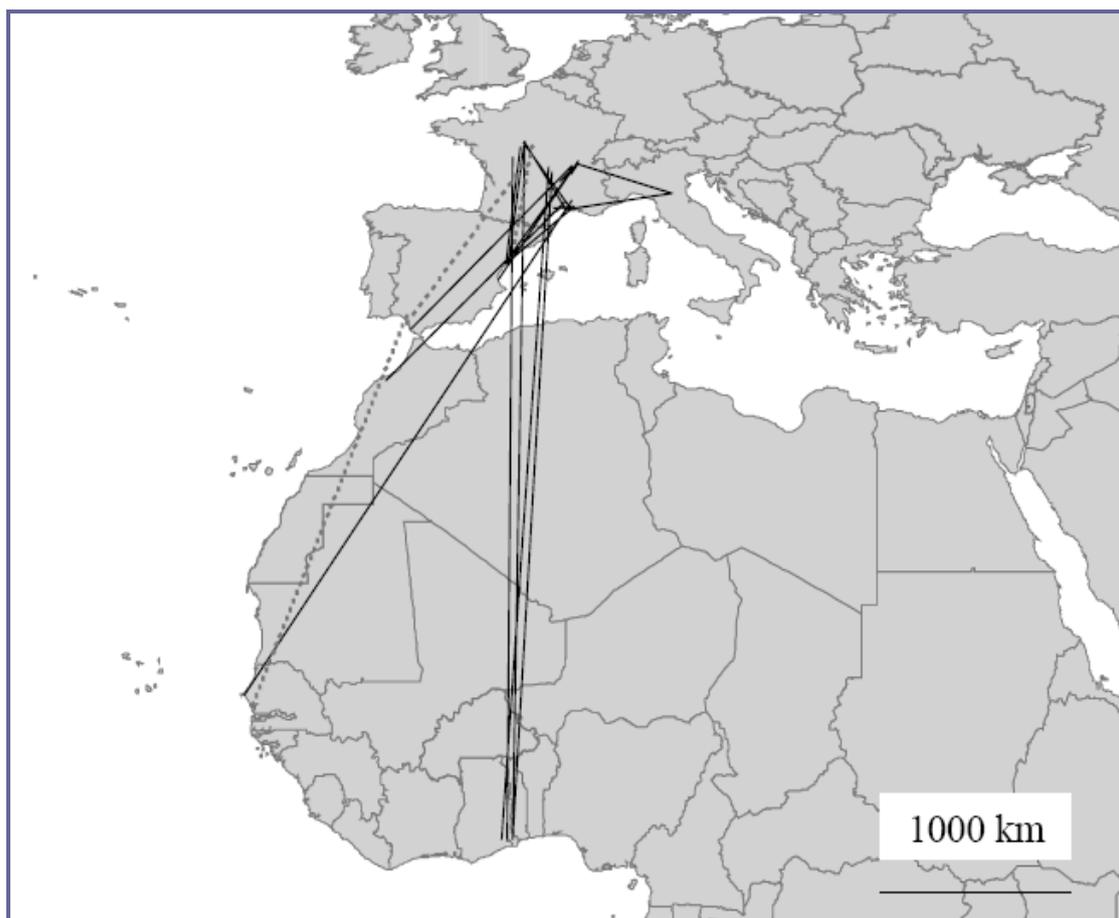
L'hivernage de la Guillemotte moustac dans les zones inondées du lac Tchad, suggère une migration trans-saharienne jusqu'au Tchad central à partir de la mi-août à la fin septembre alors que la migration printanière est marquée par l'observation d'un grand nombre d'individus au Nord-Ouest du Maroc à la mi-avril (**Cramp et Simmons et al. 1985**).

La distance des reprises à l'étranger varie entre 570 km et 4123 km (**Fig. 3**). Certains oiseaux ont effectué plusieurs fois le trajet migratoire entre leur site de reproduction et celui d'hivernage.



Selon **Mees (1979)**, les oiseaux restent probablement dans leurs quartiers d'hivernage le premier été, puis retournent à l'âge de deux ans pour se reproduire. Cependant, la reproduction est possible dès l'âge d'un an (**Latraube, 2006**).

La migration du printemps du Paléarctique occidental s'étend de mars à mai (surtout en avril) et la migration automnale de fin juillet jusqu'à la fin octobre (**Cramp et Simmons, 1985**).



*Figure 3 : Voies de migration de l'espèce par baguage et recapture
(Latraube, 2006)*

I.3 Ecologie de l'espèce

En général, la Guifette moustac se reproduit à basse altitude, mais elle peut parfois s'installer à haute altitude, 2000 m en Arménie, 1500 m en Inde et 1280 m à Madagascar.



Elle fréquente aussi bien les eaux stagnantes que courantes (**Cramp et al. 1985**) et se reproduit préférentiellement dans des lacs d'eau claire, parfois dans des marais (Dementiev et Gladkoven, *in* **Cramp 1985**), ayant une profondeur variant de 15 à 150 cm et communément de 60 à 80 cm (Bourke, Borodulina, et Kapocsy, *in* **Cramp et al. 1985 ; Swift 1960**).

Elle peut s'installer à 50 m de la berge (comme en Camargue, France) et peut occuper des sites artificiels comme les bassins d'élevage de poissons (**Cramp et al. 1985**). En Italie, par exemple la population entière de quatre cent couples reproducteurs, utilise des sites artificiels (**Fasola 1986**).

Les guifettes s'alimentent jusqu'à quatre kilomètres de la colonie et le plus souvent dans un rayon de 2,5 kilomètres (**Swift 1960**), en général seules ou en petits groupes et parfois avec d'autres espèces, telles que la mouette rieuse *Larus ridibundus*, en Hongrie (**Cramp et al. 1985**).

En migration et dans les quartiers d'hivernage, en Afrique de l'Est, elles sont souvent mélangées avec d'autres Sternidés et avec Sternidés et Laridés (Mouettes et Goélands) notamment la Guifette noire (*Chlidonias niger*) et la Guifette leucoptère *Chlidonias leucopterus* et moins souvent avec la Sterne pierregarin *Sterna hirundo* au Zaïre (**Cramp et al. 1985**).

I.4 Tendances des effectifs

La Guifette moustac est une espèce très mobile et l'estimation des effectifs reste très difficile (**Mees 1976 et 1979 ; Tomialojc 1994 et Trotignon et al. 1994**).

La population globale de guifettes moustacs, est estimée à 300 000 à 1 500 000 individus (**Wetlands International 2006**).

La population nicheuse européenne compte moins de 87 000 couples, dont 24 500 à 29 500 hors Russie et Turquie. Elle a subi une régression modérée de 1970 à 1990, puis les effectifs se sont stabilisés durant la période 1990-2000, fluctuant toutefois fortement et sans atteindre pour autant les niveaux ayant précédé son déclin.

Les bastions de l'espèce, abritant plus de 5 000 couples, sont plutôt orientaux : Russie (10 000 à 25 000 couples), Ukraine (5 000 à 8 500 couples) et Roumanie (8 000 à 12 000 couples). (*BirdLife International 2004*) (Fig.4).

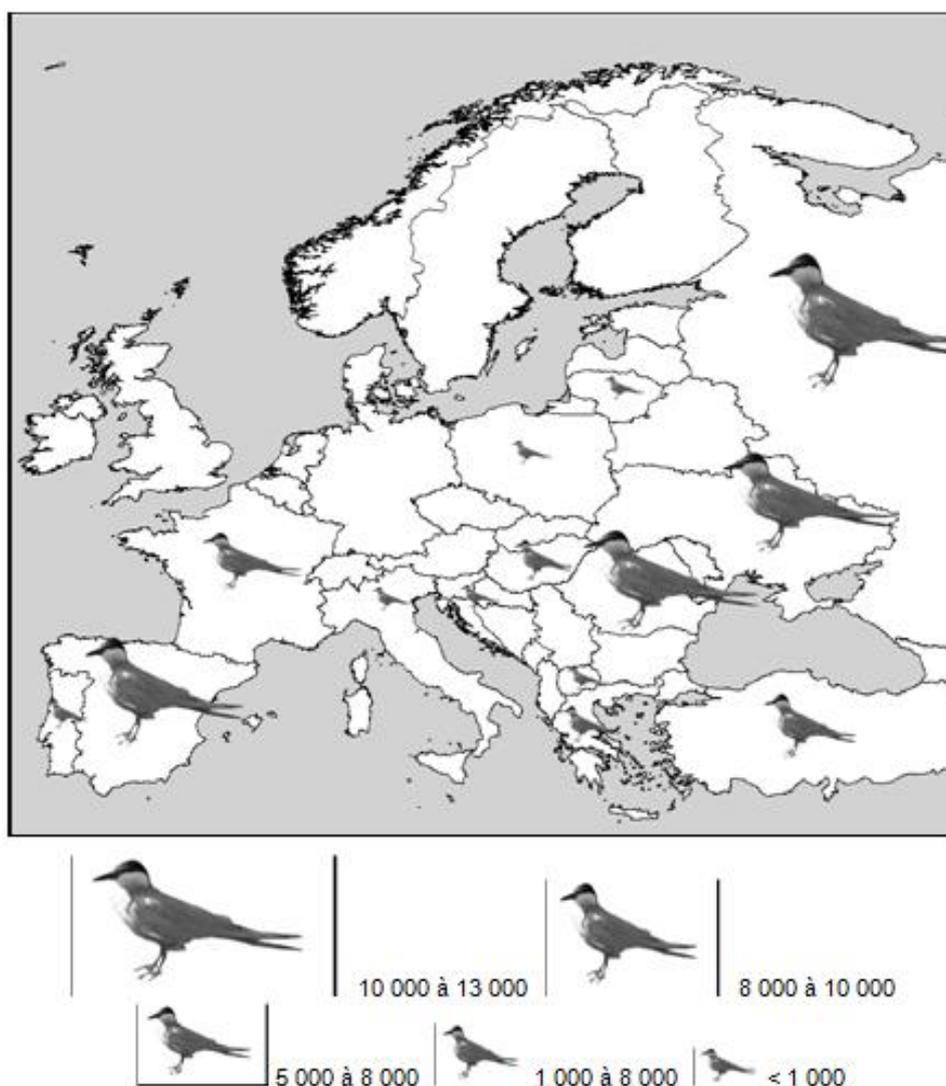


Figure 4 : Répartition des effectifs en nombre de couples de Guifette moustac en Europe (d'après Heath et al. 2000, BirdLife International/ in Lutraube, 2006)

En Algérie, l'espèce, connaît une grande stabilité au niveau lac Tonga. Il n'existe cependant pas de données régulières sur les effectifs et une estimation sommaire donne des effectifs l'ordre de 1 200 à 1 500 individus (**obs. pers**).



I Caractéristiques des nids

I.1 Description des matériaux utilisés dans la construction des nids

Les nids de la plupart des oiseaux d'eau sont largement influencés par la fluctuation des niveaux d'eau de telle façon qu'une élévation du niveau d'eau peut détruire la majorité des nids. Le vent peut également provoquer des dégâts considérables (**Elkins 1983**).

Parmi les nids les plus exposés, on trouve ceux des guifettes moustacs qui sont selon **Lomont (1945)**, des radeaux flottants à découvert, retenus seulement de la dérive par les plantes dressées ou le tapis de renoncules sur lequel ils sont posés. **Etchecopar (1984)** et **Geroudet (1988)**, rapportent que la structure lâche des nids de la guifette moustac et leur situation exposée, sont telles que la moindre bourrasque ou la montée un peu trop rapide des eaux peut les détruire.

Les nids, sont construits sur les feuilles de nénuphars, qui constituent le support idéal (**Photos 5-7**), bien qu'en 2006, nous avons trouvé des nids posés sur des plantes hydrophytes qui commençaient à émerger après la baisse du niveau de l'eau vers la fin de la saison de reproduction.

La plate-forme du nid, est composée de matériaux rigides permettant d'un côté, la flottaison des nids (en cas de remontée des eaux), qui mettent du temps pour se désagréger et qui supportent l'effet du poids des conjoints, ces matériaux sont disponibles et abondants au niveau du lac comme le scirpes (jonc des chaisiers), le phragmite (roseau commun ou sagne) *Phragmites australis* et le rubanier d'eau *Sparganium erectum*.

Pour la coupe des nids, les guifettes utilisent des plantes aquatiques souples telles que le millefeuille aquatique (ou volant d'eau) *Myriophyllum verticillatum*, le potamot à feuilles larges (luisant) *Potamogeton lucens*, le potamot pectiné (à feuilles de peigne) *Potamogeton pectinatus*, des petits morceaux de feuilles de nénuphar blanc *Nymphaea alba*, la renouée amphibie *Polygonum amphibium*, le Cornifle immergé *Ceratophyllum demersum*. Ces plantes s'enroulent facilement formant ainsi la coupe du nid qui reçoit la ponte.



Photos (6 a-c): Nids de guifette moustac

(Clichés : Bakaria 1996 et 2005)

I.2 Fréquences des plantes dans les nids

I.2.1 Fréquences des plantes dans les nids pour l'ensemble des années d'étude

Le nombre de présence d'une plante dans les nids, sans tenir compte de sa proportion dans le volume du nid, pour les saisons d'étude rassemblées selon l'échelle établie par **Dajoz (1985)**.

L'espèce constante, présente dans plus de 50 nids, est le jonc des chaisiers *Scirpus lacustris*, c'est la plus utilisée dans la construction des nids, elle est présente dans 206 nids sur les 263 nids suivis (78. 32%).



Les espèces accessoires, présentes dans 25 à 50 % du nombre total des nids, sont représentées par le myriophylle *Myriophyllum verticillatum*, présent dans 129 nids (49.05%) et le potamo- luisant *Potamogeton lucens*, dans 115 nids (43.72%).

Les espèces accidentelles (présentes dans moins de 25% des nids), sont : le cornifle immergé *Ceratophyllum demersum* présent dans 55 nids (20.91%), le roseau commun *Phragmites australis*, dans 50 nids (19.01%), le nénuphar blanc *Nymphaea alba* et le potamo- tectiné *Potamogeton pectinatus* présents respectivement dans 28 nids (10.64%) et 27 nids (10.26%).

Enfin le rubanier d'eau *Sparganium erectum* et la renouée amphibie *Polygonum amphibium*, présents dans moins de dix nids sont très accidentelles (**Fi g.11**).

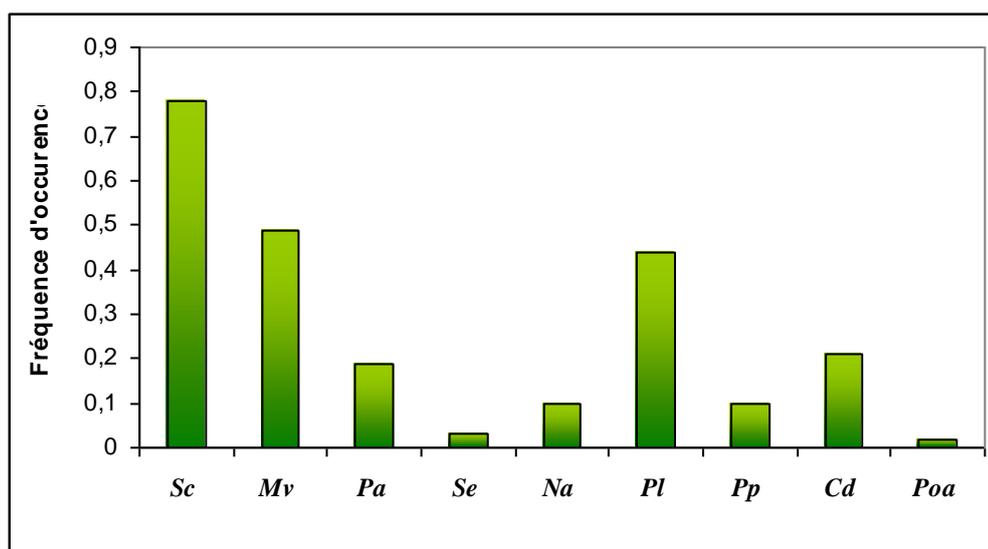


Figure 11 : Fréquence d'occurrence des plantes dans les nids (n=263)

Légende : *Sc*: *Scirpus lacustris* *Mv*: *Myriophyllum verticillatum* *Pa*: *Phragmites australis* *Se* : *Sparganium erectum* *Na*: *Nymphaea alba* *Pl* : *Potamogeton lucens* *Pp* : *Potamogeton pectinatus* *Cd* : *Ceratophyllum demersum* *Poa* : *Polygonum amphibium*

I.2.2 Fréquences des plantes dans les nids pour chacune des années d'étude

Si l'on considère le nombre de présence des plantes pour chacune des années, les différences sont notables (**Fig.12**).



En effet, les guifettes ont utilisé différemment les plantes. Le scirpe et le myriophylle étaient présents dans la plupart des nids, pour les trois années et à moindre échelle le potamo luisant, viennent après le potamo pectiné, le nénuphar blanc et le cératophylle, le phragmite n'a été utilisé qu'accessoirement en 1996, le sparganier est peu utilisé et même absent en 2006 et enfin le polygonum n'a été utilisé qu'en 1996.

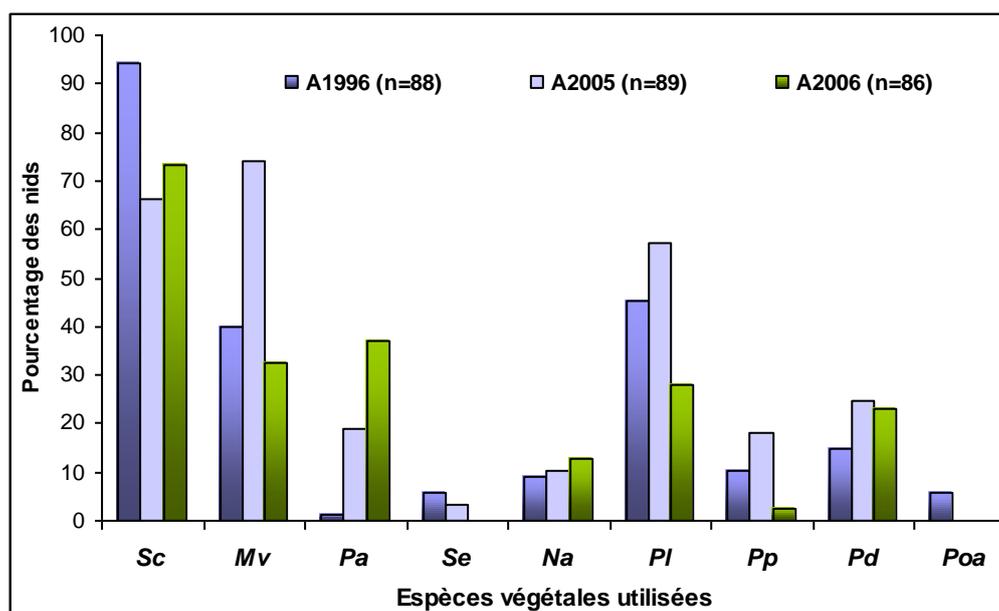


Figure 12 : Fréquences annuelles des plantes

Légende : *Sc* : *Scirpus lacustris* *Mv* : *Myriophyllum verticillatum* *Pa* : *Phragmites australis* *Se* : *Sparganium erectum* *Na* : *Nymphaea alba* *Pl* : *Potamogeton lucens* *Pp* : *Potamogeton pectinatus* *Cd* : *Ceratophyllum demersum* *Poa* : *Polygonum amphibium*

I.3 Position des nids dans les patchs de nénuphars

I.3.1 Variations annuelles des positions des nids

Les nids construits à la périphérie des îlots de nénuphars sont les plus nombreux suivis par ceux, occupant le centre des îlots et enfin les nids posés sur l'eau sont les moins nombreux (Fig.13).

Les guifettes ont tendance à changer d'emplacement de leurs nids, privilégiant de plus en plus la périphérie des îlots de nénuphars et parfois sur les végétaux à même la surface de l'eau (uniquement pour l'année 2006).

En effet, en 1996, sur 88 nids 36 (40.9%) sont au centre des îlots de nénuphars et 52 nids (59.1%) sur les feuilles de nénuphars situées en périphérie des îlots.

En 2005, 6 nids (6.74%) sont construits au centre des patchs et 83 (93.26%) à la périphérie de ceux-ci.

En 2006, 2 nids (2.32%) au centre, 74 (86.04%) en périphérie et pour la première fois 10 nids (11.63%), construits sur la végétation aquatique, émergentes suite à la baisse du niveau d'eau au cours de la saison (**Fig.13**).

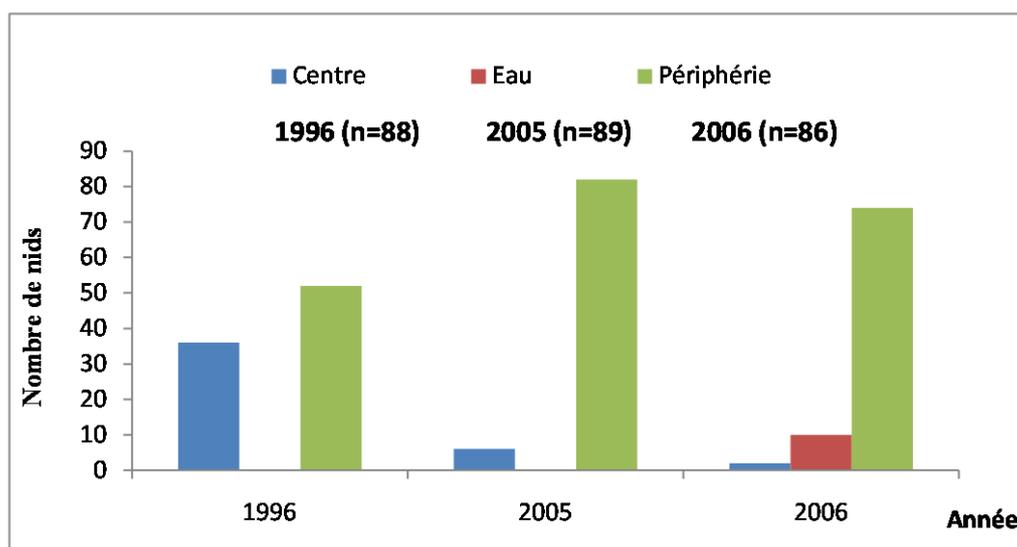


Figure 13 : Fréquences annuelles des positions des nids

I.3.2 Variations saisonnières des positions des nids

Bien que les guifettes privilégient de plus en plus la périphérie des îlots au cours des années, les Anovas des positions des nids n'affichent pas de variations au cours de la saison et ce pour les trois années.

Nous remarquons que les nids construits sur la végétation émergée à la surface de l'eau, sont installés tard dans la saison en 2006 (**Fig.14c**), ce qui coïncide avec la stabilité des conditions climatiques et donc celle du niveau d'eau.

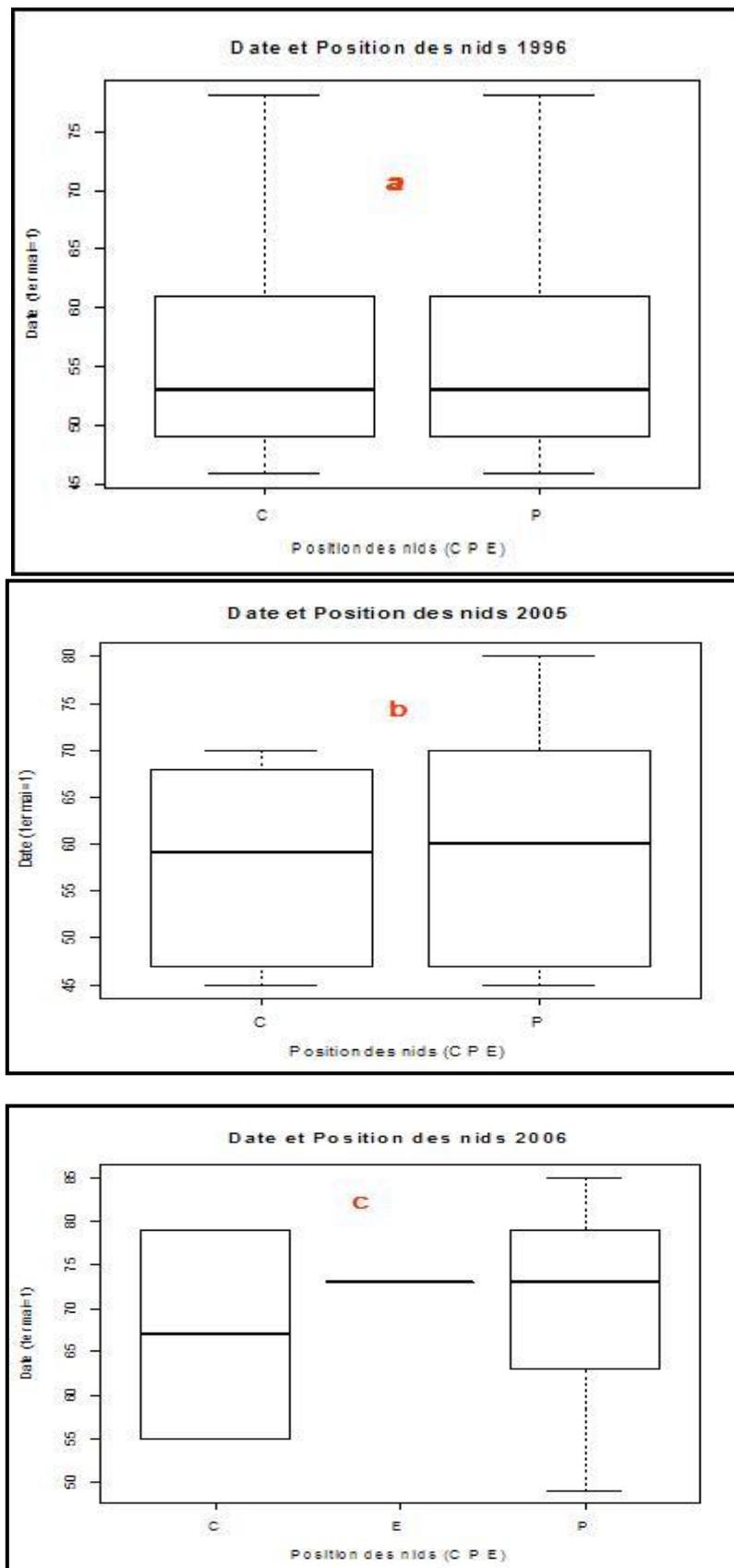


Figure 14 (a- c): Variations saisonnières des positions des nids par année



I.4 Variations de la distance des nids par rapport à la berge du lac

I.4.1 Variations annuelles de la distance des nids par rapport à la berge du lac

La distance moyenne qui sépare les nids échantillonnés, de la berge du lac a fortement augmenté au cours des années d'étude, passant de 175,5 m en 1996 à 785,5 m en 2005, et à 933,0 m en 2006, (**Tab.3**) (**Fig.15**). Toutes ces différences sont significatives (ANOVA: $F_{2,260} = 827,9$; $p < 0,00001$; test Fisher LSD).

Les changements de la structure de la végétation du lac Tonga se traduisent par des changements correspondants, de l'emplacement des sites appropriés pour la nidification.

En effet, la prolifération des nénuphars éliminant de plus en plus les surfaces d'eau libre, explique l'éloignement de la colonie vers le centre, ceci est confirmé par sa préférence pour les positions à la périphérie des patchs (interface nénuphar-eau).

Tableau 3 : Distances moyennes des nids par rapport à la berge 1996, 2005 et 2006)(n=nombre de nids)

Année	Distance par rapport à la berge (m)	Sd
1996 (n=88)	175.51 (120- 340)	13,9
2005 (n=89)	785.51 (600-1290)	13,8
2006 (n=86)	933.02 (750-1140)	14,1
3 années (n=263)	629.6 (120-1290)	353.06

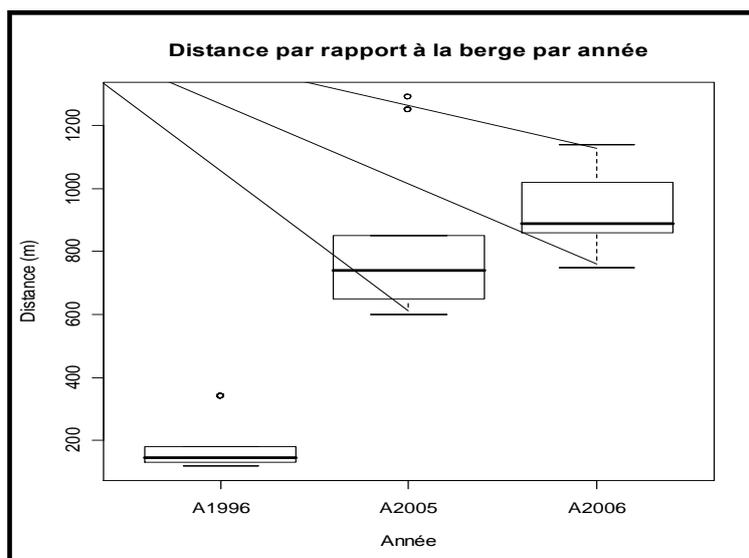


Figure 15 : Variations annuelles des distances par rapport à la berge (m)

I.4.2 Variations saisonnières de la distance des nids par rapport à la berge du lac

La distance séparant la zone de nidification de la colonie par rapport à la rive du lac a augmenté au cours de la saison de reproduction, pour les trois saisons, comme l'a montré une corrélation positive ($r = 0,77$ en 1996 ($n = 88$), $r = 0,52$ en 2005 ($n = 89$) et $r = 0,88$ en (2006 $n = 86$), dans tous les cas, $p < 0,00001$).

En somme, les îlots de nidification de la population de guifettes, sont situés, de plus en plus, loin de la berge au cours de la saison en suivant l'évolution de l'émergence des feuilles de nénuphar de la périphérie vers le centre du lac, au cours de la saison.

I.5 Distances entre nids voisins

I.5.1 Variations annuelles des distances entre nids voisins

La distance inter-nids qui constitue un paramètre traduisant la densité a également augmenté au cours des années, il est en moyenne de $129,1 \pm 10,1$ cm, $229,7 \pm 10,0$ et de $265,7 \pm 10,2$ cm, respectivement en 1996, 2005 et 2006 (**Tab.4**), (ANOVA : $F_{2, 260} = 48,96$; $p < 0,00001$, test de Fisher LSD) (**Fig.16**).



*Photo 7 : Distance entre nids voisins
(Cliché : Bakaria 1996)*

Tableau 4: Distances moyennes entre les nids voisins (1996, 2005 et 2006)

Année	Distance entre nids (cm)	Sd
1996 (n=88)	129.13 (40- 300)	10,1
2005 (n=89)	229.66 (60-530)	10.00
2006 (n=86)	281.74 (100-530)	10,2
3 années (n=263)	207.81 (40-530)	110.5

Au vu du graphe (**Fig.15**), une différence inter-annuelle évidente apparaît et une ANOVA très hautement significative, ($F=2,260$, $P < 2.2e-16$) comme on pouvait s'y attendre.

Le test de Tukey a déterminé que toutes les différences inter-annuelles sont très hautement significatives.

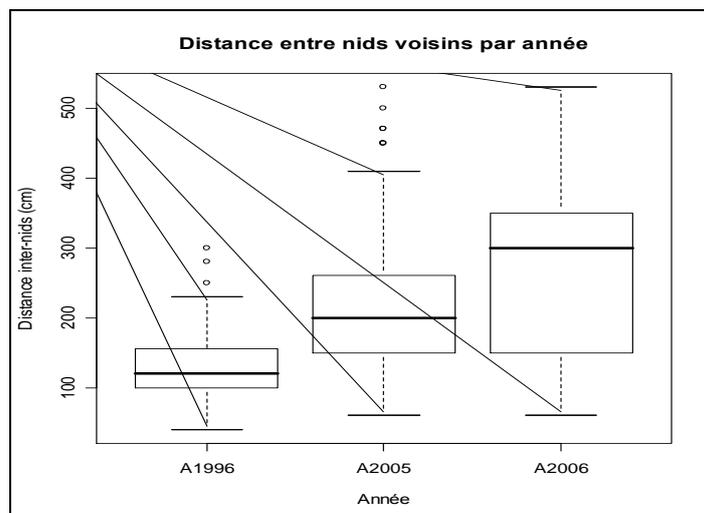


Figure 16 : Différences annuelles des distances entre nids voisins(cm)

Les nids sont deux fois plus éloignés les uns des autres en 2005 qu'en 1996 (la distance moyenne inter-nid ayant augmenté de 1 mètre (IC95% de l'augmentation de distance : [67-133cm])).

Les nids sont encore plus dispersés en 2006, la distance inter-nid avec une augmentation de 52cm. (IC95% 19-84cm] par rapport à 2005.

La dispersion des nids peut être expliquée par l'évolution de la nupharaie obligeant les guifettes à occuper les trouées d'eau disponibles loin de la berge.

I.5.2 Variations saisonnières des distances entre nids voisins

La distance entre nids voisins affiche une faible relation, avec la date pour chacune des années mais pour l'ensemble des nids, la relation est positive et significative ($r= 0,32$; $p = 0,000$, $n=263$) de telle façon que les premiers reproducteurs se rapprochent pour mieux parer à la prédation et se stimuler pour le déclenchement des pontes.



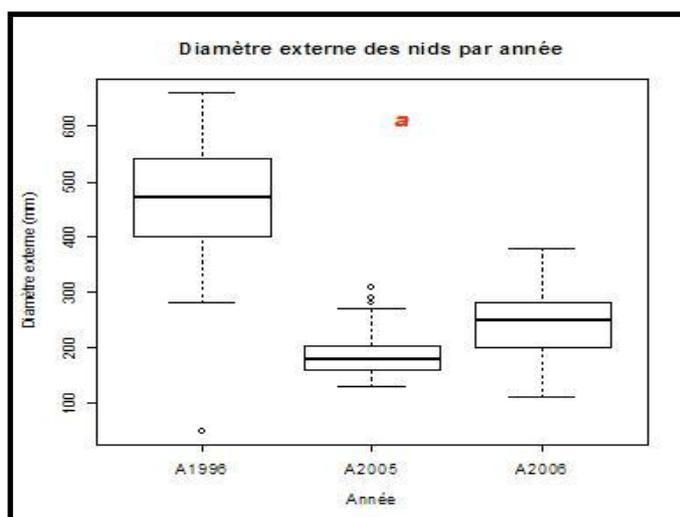
I.6 Caractères biométriques des nids

I.6.1 Variations annuelles des caractères biométriques des nids

Le diamètre externe du nid et celui de la coupe (diamètre interne du nid) étaient en moyenne deux fois, plus grand en 1996 qu'en 2005-2006. Cependant, la profondeur de la coupe montre moins de variations avec une valeur minimale en 2005 (**Fig. 17 a- c**) (**Tab.5**).

Tableau 5 : Biométrie des nids pour les années (1996,2005 et 2006) *= nombre de nids

Année	Diamètre externe (mm)	Sd	Diamètre interne (mm)	Sd	Profondeur de la coupe (mm)	Sd
1996 (n=88)*	471.93 (150-660)	88.78	138.69 (50-21)	29.04	17.05 (5-40)	6.00
2005 (n=89)*	187.71 (130-310)	37.51	71.30 (45-105)	12-18	12 (6-20)	2.88
2006 (n=86)*	239.07 (110-380)	63.26	62.08 (38-91)	13.42	15.79 (9-21)	3.136
3 années (n=263)*	299.2243 (50-660)	141.32	91.22 (38-210)	39.567	14.93 (5-40)	4.76



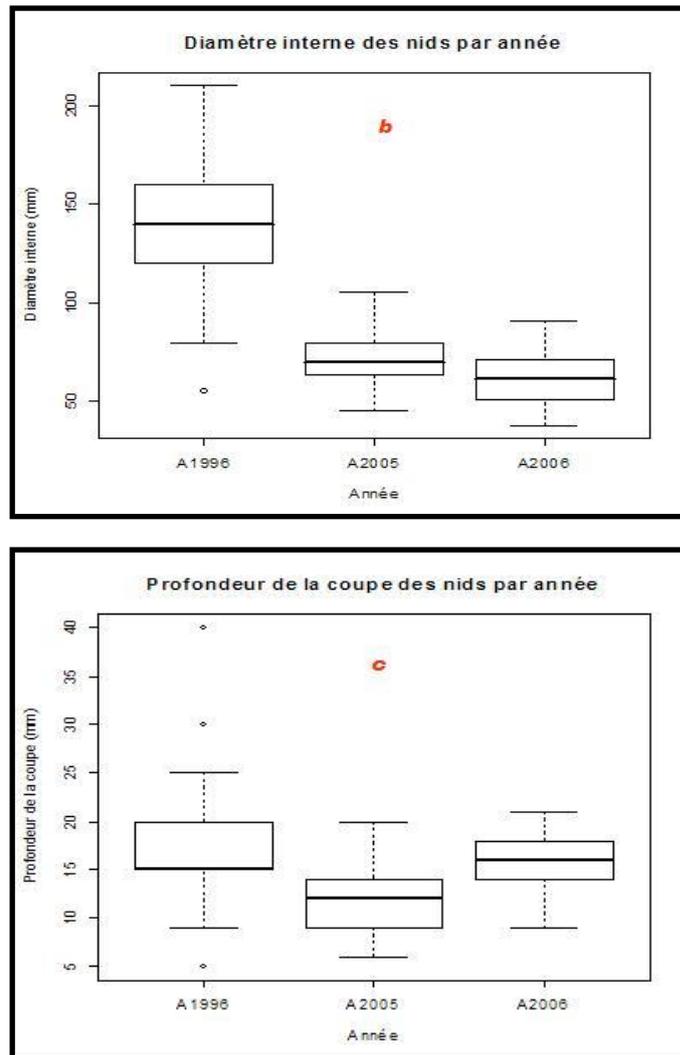


Figure 17 (a- c) : Différences annuelles des mesures biométriques nids

I.6.2 Relation entre les différents caractères biométriques des nids

Une très forte corrélation existe entre le diamètre externe de la plate-forme du nid et le diamètre interne (celui de la coupe du nid) et la profondeur de la coupe avec, respectivement ($r=0,84$ pour les diamètres interne et externe; $r=0,38$ pour le diamètre externe et la profondeur de la coupe et enfin $r=0,36$ pour la profondeur de coupe et son diamètre interne et dans tous les cas $n = 263$, $p < 0,00001$) (Fig.18 a-c).

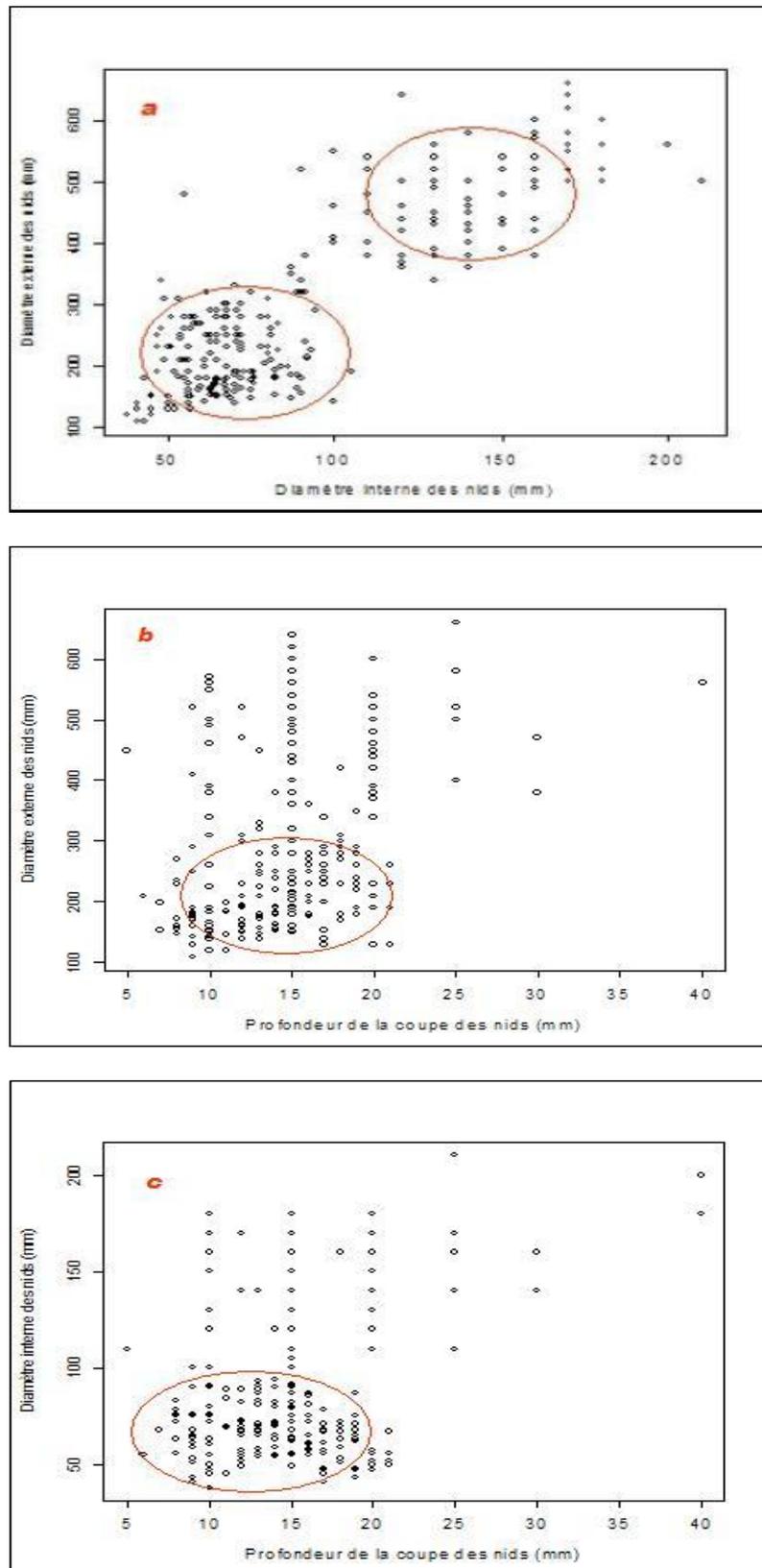


Figure 18 (a-c) : Relation entre les traits biométriques des nids

La moyenne de la distribution tri-dimensionnelles des fréquences des mensurations des nids diffère entre les années (MANOVA: $\lambda = 0,127$ Wilks, $F_{6,516} = 155,73$, $p < 0,00001$), ce qui reflète une variation inter-annuelle dans les différents traits biométriques du nid.

Ces différences sont expliquées par les changements dans les matériaux utilisés dans la construction des nids entre les deux périodes 1996-2005/2006.

I.7 Relations entre la composition des nids et leurs caractéristiques biométriques

I.7.1 Les composantes principales et les proportions des plantes

Les proportions des différentes plantes utilisées dans la construction des nids ont été utilisées pour extraire les composantes principales de la composition des nids, seules trois des composantes principales, ont été retenues (**Tab.6**) dont les valeurs propres étaient supérieures à 1 et représentaient 48,1% de la variation de la composition du nid, (**PC1**, 20,3%, **PC2**%, 14,6% **PC3** et 13.2%).

Une analyse des relations entre les fréquences de certaines plantes présentes dans la construction du nid et les composantes principales, montre que les trois principales composantes reflètent un certain équilibre entre la proportion du scirpe lacustre *Scirpus lacustris* (relation négative avec les trois composantes principales) et d'autres composantes des nids (**Tab.6**).

Les composantes principales qui suivent, sont donc des indicateurs de la fréquence de ces plantes dans les nids:

- PC1 - *Potamogeton lucens* (L.),
- PC2 - *Myriophyllum verticillatum* (L.),
- PC3 - *Phragmites australis* (Cav.).



Tableau 6: Les proportions des plantes dans les nids et les composantes principales

	PC1	PC2	PC3
Espèces végétales			
<i>Scirpus lacustris</i>	-0.70	-0.47	-0.40
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	-0.01	0.99	-0.03
<i>Phragmites australis</i>	-0.03	-0.02	0.99
<i>Sparganium erectum</i>	-0.01	-0.09	-0.03
<i>Nymphaea alba</i>	-0.03	-0.03	-0.01
<i>Potamogeton lucens</i>	0.98	-0.11	-0.13
<i>Potamogeton pectinatus</i>	0.01	0.10	-0.03
<i>Ceratophyllum demersum</i>	0.01	0.01	0.01
<i>Polygonum amphibium</i>	-0.02	-0.02	-0.03

I.7.1.1 Les différences annuelles des composantes principales des nids

Les 3 principaux éléments des matériaux composant les nids présentent des différences entre les années (**Fig.19a-c**).

Les valeurs moyennes de la composante principale (**PC1**) sont les plus faibles pour 1996, maximale et moyenne pour l'année 2005 et pour 2006 (ANOVA: $F_{2,260} = 10,83$, $p = 0,00003$, test de Fisher LSD).

Les moyennes de l'élément principal (**PC2**) pour 1996 et 2006 étaient similaires et plus bas que pour 2005 (ANOVA: $F_{2, 260} = 22,60$, $p < 0,00001$; test Fisher LSD).

Dans le cas de la composante principale (**PC3**), la structure de la variation moyenne inter-annuelle est en augmentation (ANOVA: $F_{2, 260} = 21,84$, $p < 0,00001$; test Fisher LSD. (**Fig.19a-c**).

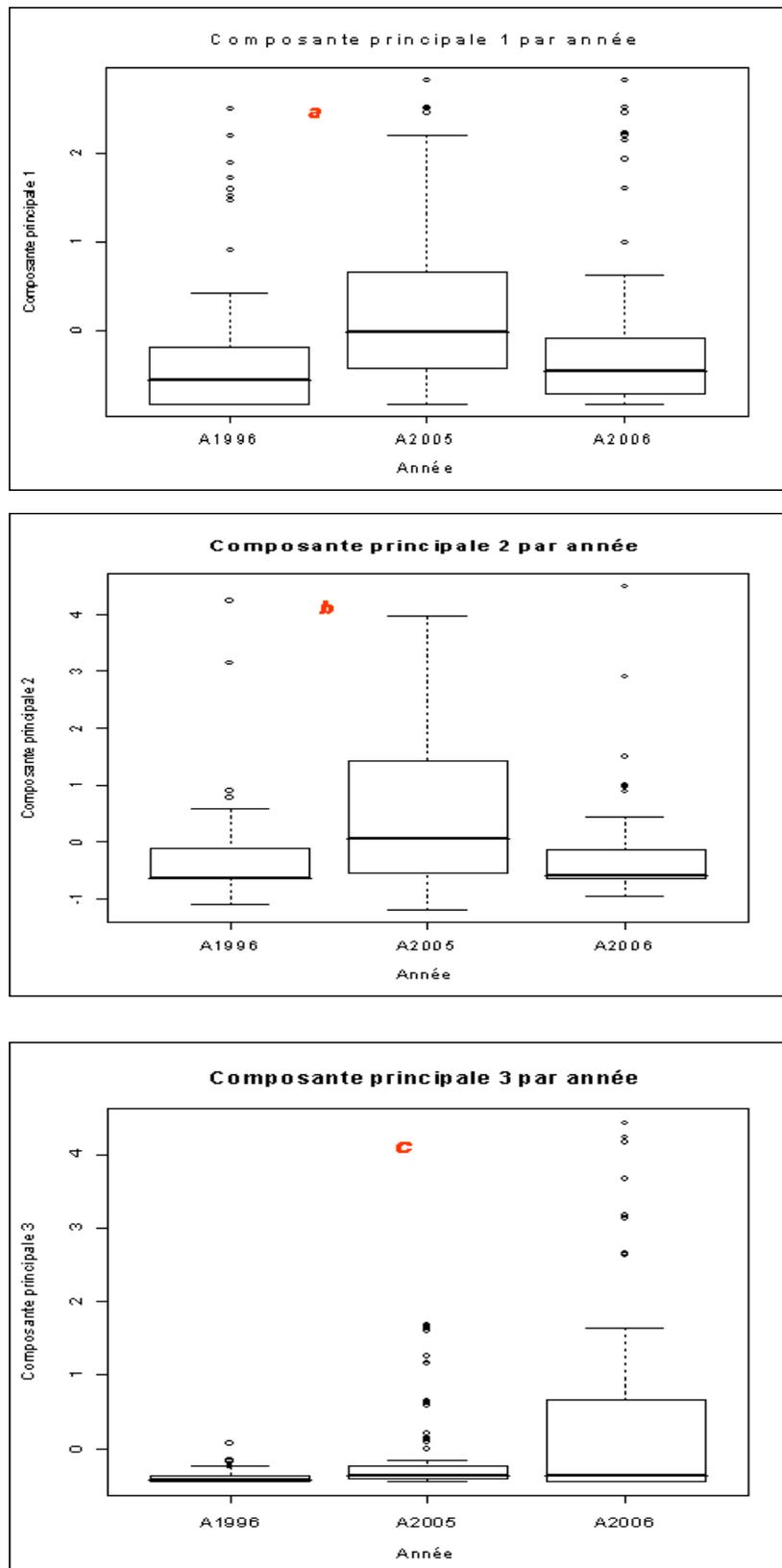


Figure 19 (a-c) : Différences annuelles des 3 éléments des nids

La variation dans les composantes principales des nids correspond aux variations d'une année à l'autre, des fréquences des plantes qui composent les nids, en particulier *Scirpus lacustris* (L.), *Myriophyllum verticillatum* (L.), *Potamogeton lucens* L. et *Phragmites australis* (Cav.) (Fig.11 et 12).

I.7.1.2 Cas des nids construits sur la surface (2006)

Les nids construits directement sur la surface de l'eau ont été exclus de ces analyses, car ils n'étaient présents qu'en 2006. Par ailleurs, ces nids avaient une moyenne plus élevée concernant la composante principale 1 par rapport aux nids construits sur des feuilles de nénuphars (au centre ou à la périphérie des îlots), ces derniers ne sont pas différents entre eux (ANOVA: $F_{2, 83} = 84,95$, $p < 0,00001$, test de Fisher LSD).

Les composantes principales des nids, (PC2) et (PC3), ne diffèrent pas entre elles pour les positions du nid (ANOVA: $F_{2, 83} = 1,27$, $p = 0,29$ et $F_{2, 83} = 1,43$, $p = 0,24$).

La composition des nids déposés à la surface de l'eau diffère des nids construits sur les feuilles de nénuphars (au centre ou à la périphérie des patches) par rapport aux plantes élastiques (souples), en particulier le *Potamogeton lucens*. Ils sont également caractérisés par une faible proportion de plantes rigides.

I.7.2 Les composantes principales des dimensions des nids

Les deux composantes principales (de la taille et de la forme), sont extraites, des dimensions des nids, afin de réduire le nombre de dimensions et de les rendre indépendantes. Les deux composantes principales représentent 94,6% (la somme des pourcentages de la variation multidimensionnelle avec PC1=69,7%, PC2=24,9%).



I.7.2.1 Les composantes principales et les dimensions des nids (sans les nids sur l'eau)

La composante principale **PC1** est fortement et positivement dépendante du diamètre externe et du diamètre de la coupe du nid $r = 0.94$ et faiblement et positivement, corrélée à la profondeur de la coupe, ce qui reflète la taille générale du nid.

La composante principale **PC2** est très fortement liée à la profondeur de la coupe du nid et en faible corrélation avec les deux diamètres (externe et interne), ce qui reflète la forme des nids (**Tab.7**).

Tableau 7: Dimensions linéaires des nids et les composantes principales des nids

Variables des nids	Composantes principales	
	SSPC1	SSPC2
Diamètre externe	0.94	0.20
Diamètre de la coupe du nid	0.94	0.18
Profondeur de la coupe	0.20	0.98

Nous avons constaté que non seulement la composante taille (**PC1**), mais aussi la composante forme (**PC2**) diffèrent entre les années (ANOVA: $F_{2, 250} = 498,21$, $p < 0,00001$ pour PC1 et $F_{2, 250} = 25,11$, $p < 0,00001$ pour PC2). (Excluant les nids construits sur la surface de l'eau, de cette analyse).